

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**PLANAR MAGNETIC SENSOR AND PLANAR MAGNETIC SENSOR FOR ANALYZING MULTIDIMENSIONAL MAGNETIC FIELD**

Patent number: JP2002040117

Publication date: 2002-02-06

Inventor: HONDA SHIGEO; YAMANE HIDEYUKI; ENOKI YOSHIMI; WAGATA SHIGEKI

Applicant: DELTA TOOLING CO LTD

Classification:

- International: G01R33/09; H01F10/14; H01L43/08

- european:

Application number: JP20000220132 20000721

Priority number(s):

Also published as:



EP1174724 (A2)

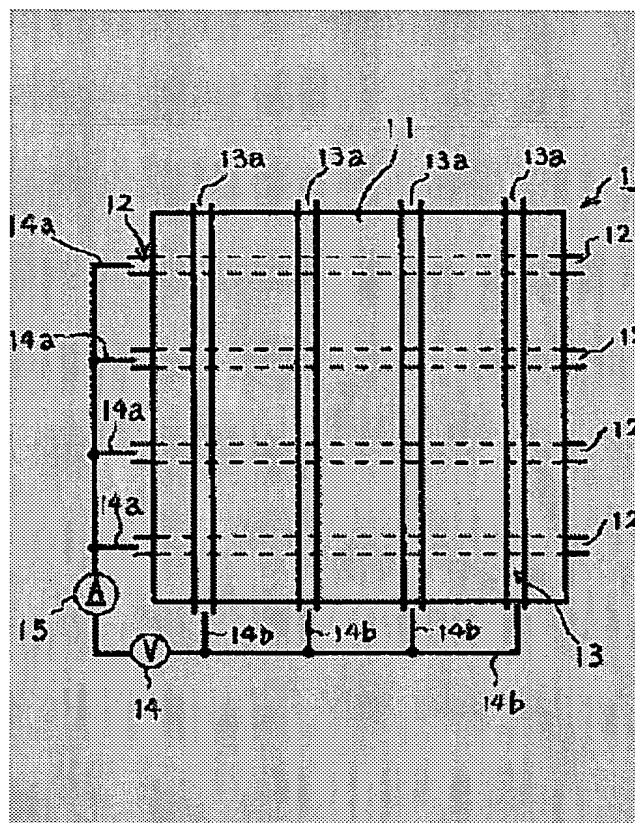
US6583620 (B2)

US2002030490 (A)

**Abstract of JP2002040117**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To measure magnetic field strength over a wide range in a short time.

**SOLUTION:** A planar magnetic sensor 10 is provided with a sensing layer 11, which consists of a magnetic resistance effect film with an arbitrarily sized planar formation, where a resistance value of the layer 11 is changed and a giant magnetic resistance effect is provided by changing the magnetization direction of magnetic fine particles due to the strength of magnetic field with a current that flows by a tunnel effect in the case of a voltage of a prescribed value or more than, and conductor layers 12, 13, which consist of a plurality of linear-shape conductors films 12a, 13a that are formed linear with a prescribed space along the direction of each face with lamination in each face of the magnetic resistance effect film. Each linear conductor film 12a that constitutes one layer 12 of the layers 12, 13 and each linear conductor film 13a that constitutes the other layer 13 are arranged so that both the films 12a, 13a have a positional relation such that the films 12a, 13a hold the magnetic resistance effect film between the films 12a, 13a and mutually cross in a plan view.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-40117

(P2002-40117A)

(43) 公開日 平成14年2月6日 (2002. 2. 6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 1 R 33/09

H 0 1 F 10/14

H 0 1 L 43/08

F I

H 0 1 F 10/14

H 0 1 L 43/08

G 0 1 R 33/06

テームコード (参考)

2 G 0 1 7

Z 5 E 0 4 9

R

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-220132 (P2000-220132)

(22) 出願日 平成12年7月21日 (2000. 7. 21)

(71) 出願人 594176202

株式会社デルタツーリング

広島県広島市安芸区矢野新町一丁目2番10号

(72) 発明者 本多 茂男

広島県広島市南区宇品御幸1丁目9番26号

(72) 発明者 山根 秀之

広島県広島市安芸区矢野新町一丁目2番10号 株式会社デルタツーリング内

(74) 代理人 100073139

弁理士 千田 裕 (外1名)

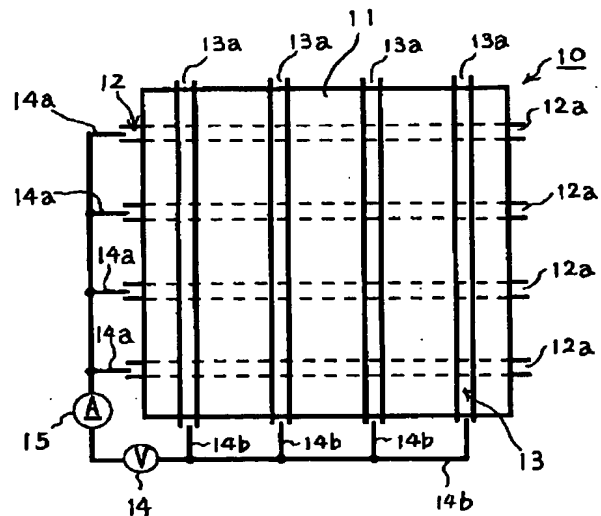
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面状磁気センサ及び多次元磁場解析用面状磁気センサ

(57) 【要約】

【課題】 広範囲にわたる磁場強度を短時間で測定する。

【解決手段】 本発明の面状磁気センサ10は、トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層11と、前記磁気抵抗効果膜の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜12a、13aからなる導体層12、13とを含んで構成される。一方の導体層12を構成する各線状導体膜12aと、他方の導体層13を構成する各線状導体膜13aとは、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、前記磁気抵抗効果膜の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されていることを特徴とする面状磁気センサ。

【請求項2】 前記各導体層を構成する各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結されずに、それぞれ独立した配置構造で形成されていることを特徴とする請求項1記載の面状磁気センサ。

【請求項3】 前記感知層を構成する磁気抵抗効果膜が、磁性材料からなる金属微粒子を含有した絶縁酸化物から構成されるグラニュー膜であることを特徴とする請求項1又は2記載の面状磁気センサ。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1に記載の面状磁気センサと、磁気異方性を有し、かつ任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、該感知層の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている1以上の他の面状磁気センサとを備え、前記各面状磁気センサ同士が絶縁部材を介して積層され、磁気抵抗変化を多次元方向に検知可能であることを特徴とする多次元磁場解析用面状磁気センサ。

【請求項5】 トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる複数の感知層と、前記各感知層を構成する磁気抵抗効果膜間、及び外側に配置される感知層を構成する磁気抵抗効果膜の各外面にそれぞれ積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる複数の導体層とを含み、前記各導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜同士が、磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されていることを特徴とする面状磁気センサ。

【請求項6】 外側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結

されずに、それぞれ独立した配置構造で形成され、内側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結された一体的な配置構造で形成されており、外側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置と、内側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置とが略一致していることを特徴とする請求項5記載の面状磁気センサ。

【請求項7】 外側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜及び内側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜が、いずれも、隣接するもの同士が連結されずに、それぞれ独立した配置構造で形成されており、外側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置と、内側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置とが略一致していることを特徴とする請求項5記載の面状磁気センサ。

【請求項8】 外側に配置された一対の導体層が駆動電圧又は駆動電流を供給する駆動回路に接続され、内側に配置された一対の導体層が出力電流又は出力電圧を検出する検出回路に接続されることを特徴とする請求項5～7のいずれか1に記載の面状磁気センサ。

【請求項9】 前記感知層を構成する磁気抵抗膜が、磁性材料からなる金属微粒子を含有した絶縁酸化物から構成されるグラニュー膜であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1に記載の面状磁気センサ。

【請求項10】 請求項5～9のいずれか1に記載の面状磁気センサと、磁気異方性を有し、かつ任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、該感知層の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている1以上の他の面状磁気センサとを備え、前記各面状磁気センサ同士が絶縁部材を介して積層され、磁気抵抗変化を多次元方向に検知可能であることを特徴とする多次元磁場解析用面状磁気センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁場を測定する際に用いられる磁気センサに関し、特に、磁場を広範囲にわたって測定するのに適する面状磁気センサ及び多次元磁場解析用面状磁気センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】測定対象物（例えば、永久磁石、磁石が内蔵された電気機器等）の周囲にどのような磁場が生じているかを測定するに当たっては、従来、磁束計やガウ

スレータ等を用い、ホール素子等のセンサを測定対象物の周囲における所定の測定点に位置決めして、手動でこの測定点を変更しながら測定している。そして、このガウスメータ等により測定された磁束密度を測定点ごとにプロットしていくことで、測定対象物回りに生じている磁場の状態を視覚的に認識できるよう処理している。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来の磁場測定手段は、一つのセンサを予め決めた測定点ごとに動かす必要があるため、測定に時間がかかる。このため、測定対象物周囲の磁場の变化をリアルタイムにとらえるには適さない。また、測定点の変更を手動で行う手段の場合には、各測定点における位置合わせが容易ではない。一方、このような不都合を解消するに当たって、センサを平面的に多数配置して、磁場を広範囲にわたって一度に測定することも考えられる。これにより、一つの面に沿った各測定点に関しては、センサを移動させなくても短時間で各測定点での磁場を測定することが可能となる。しかしながら、各センサごとに、駆動電圧又は駆動電流を供給するリード線、及び、出力電流又は出力電圧を検出するリード線を接続しなければならず、配線が多数必要で複雑となり実用的ではない。

【0004】本発明は上記に鑑みなされたものであり、多数の測定点における磁場を極めて短時間で測定することができると共に、リード線の配設数が少なく済み、実用に適する面状磁気抵抗センサ及び多次元磁場解析用面状磁気センサを提供することを課題とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するため、請求項1記載の本発明では、トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、前記磁気抵抗効果膜の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されていることを特徴とする面状磁気センサを提供する。

【0006】請求項2記載の本発明では、前記各導体層を構成する各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結されずに、それぞれ独立した配置構造で形成されていることを特徴とする請求項1記載の面状磁気センサを提供する。

【0007】請求項3記載の本発明では、前記感知層を構成する磁気抵抗効果膜が、磁性材料からなる金属微粒子を含有した絶縁酸化物から構成されるグラニュー膜であることを特徴とする請求項1又は2記載の面状磁気

センサを提供する。

【0008】請求項4記載の本発明では、請求項1～3のいずれか1に記載の面状磁気センサと、磁気異方性を有し、かつ任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、該感知層の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている1以上の他の面状磁気センサとを備え、前記各面状磁気センサ同士が絶縁部材を介して積層され、磁気抵抗変化を多次元方向に検知可能であることを特徴とする多次元磁場解析用面状磁気センサを提供する。

【0009】請求項5記載の本発明では、トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる複数の感知層と、前記各感知層を構成する磁気抵抗効果膜間、及び外側に配置される感知層を構成する磁気抵抗効果膜の各外面にそれぞれ積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる複数の導体層とを含み、前記各導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜同士が、磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されていることを特徴とする面状磁気センサを提供する。

【0010】請求項6記載の本発明では、外側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結されずに、それぞれ独立した配置構造で形成され、内側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜は、隣接するもの同士が連結された一體的な配置構造で形成されており、外側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置と、内側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置とが略一致していることを特徴とする請求項5記載の面状磁気センサを提供する。

【0011】請求項7記載の本発明では、外側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜及び内側に配置された一対の導体層を構成するそれぞれの各線状導体膜が、いずれも、隣接するもの同士が連結されずに、それぞれ独立した配置構造で形成されており、外側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置と、内側に配置された一対の導体層を構成する各線状導体膜同士の平面視における交差位置とが略一致していることを特徴とする請求項5記載の面状磁気センサを提供する。

【0012】請求項8記載の本発明では、外側に配置さ

れた一対の導体層が駆動電圧又は駆動電流を供給する駆動回路に接続され、内側に配置された一対の導体層が出力電流又は出力電圧を検出する検出回路に接続されることを特徴とする請求項5～7のいずれか1に記載の面状磁気センサを提供する。

【0013】請求項9記載の本発明では、前記感知層を構成する磁気抵抗膜が、磁性材料からなる金属微粒子を含有した絶縁酸化物から構成されるグラニュー膜であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1に記載の面状磁気センサを提供する。

【0014】請求項10記載の本発明では、請求項5～9のいずれか1に記載の面状磁気センサと、磁気異方性を有し、かつ任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、該感知層の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔をおいて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている1以上の他の面状磁気センサとを備え、前記各面状磁気センサ同士が絶縁部材を介して積層され、磁気抵抗変化を多次元方向に検知可能であることを特徴とする多次元磁場解析用面状磁気センサを提供する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面に示した実施形態に基づき本発明をさらに詳細に説明する。図1及び図2は、本発明の第1の実施形態にかかる面状磁気センサ10を示す。この面状磁気センサ10は、ガラス基板10a上に順に積層される一方の導体層12、感知層11、及び他方の導体層13を備えて構成されている。

【0016】感知層11は、任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる。この磁気抵抗効果膜は、最大磁気抵抗変化率（最大MR比）が数十％という巨大磁気抵抗効果（GMR効果）を示す。面状に形成して広範囲の磁場を検知しようとする、測定部位によって磁場の強い部分と弱い部分が生じており、それらを一つの磁気抵抗効果膜で検知しようとする場合には、最大MR比の大きい巨大磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜が必要となる。

【0017】また、本発明は配線数を少なくすることも課題とするため、後述のように、導体層12、13として、線状のものをを用いている。従って、巨大磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜の中でも、導電範囲を制限するため、所定値以上の電圧の場合に電流が流れるトンネル効果を有するもの、すなわち、グラニュー膜構造のものが用いられる。

【0018】グラニュー膜構造の磁気抵抗効果膜とは、例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ などの非磁性体である絶縁酸化物中に、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Fe-Co}$ などの磁性材料からなる金属微粒子を含

有させたものであり、図3(a)、(b)及び図4に示したように、金属微粒子（磁性微粒子）の磁化の向きがゼロ磁場においてはバラバラで抵抗が大きいのに対し、磁場の印加により磁性微粒子の磁化の向きが同方向となって抵抗が小さくなる特性を示す。なお、図5は、二酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）に鉄（ $\text{Fe}$ ）微粒子を含有させた $\text{Fe-SiO}_2$ から形成されたグラニュー膜の電圧-電流特性を示す図であるが、この図から明かなように、 $\text{Fe-SiO}_2$ から形成されたグラニュー膜は、電圧値が所定値以上に至らないと電流が流れないというトンネル効果を有している。

【0019】所定の大きさの面状に形成された上記の感知層11の各面には、導体層12、13が積層される。導体層12、13は、銅などの導電材料からなり、線状に形成された複数の線状導体膜12a、13aから構成され、感知層11の各面において、それぞれ隣接する線状導体膜12a、12a同士又は線状導体膜13a、13a同士が、相互に連結されずにそれぞれ独立した配置構造で所定間隔をおいて付着されている。具体的には、一方の導体層12を構成する線状導体膜12aが、隣接するもの同士間隔をおいて、一方向に沿って互いに略平行に配設されており、他方の導体層13を構成する線状導体膜13aが、隣接するもの同士間隔をおいて、一方の導体層12を形成する上記線状導体膜12aと略直交する方向に沿って互いに略平行に配設されている。これにより、面状磁気センサ10を平面方向から見た場合には、一方の導体層12を形成する各線状導体膜12aと他方の導体層13を構成する各線状導体膜13aとが複数点で交差する位置関係で、すなわち平面視で略格子状となるような位置関係で配置される。

【0020】ガラス基板10a上に、線状導体膜12aからなる一方の導体層12、磁気抵抗効果膜からなる感知層11、及び線状導体膜13aからなる他方の導体層13を積層する手段は任意であるが、例えば、スパッタ法、真空蒸着法などを用いることができる。なお、各導体層12、13を構成する線状導体膜12a、13aを上記のような所定のパターンに形成するに当たっては、スパッタリング等の際に所定のパターンに形成されたマスク（図示せず）を介して行うことができる。

【0021】また、一方の導体層12と他方の導体層13との間に駆動回路と検出回路を接続する。例えば、図1及び図2に示したように、駆動回路として駆動電力を定電圧で供給する定電圧回路14をリード線14aを介して一方の導体層12の各線状導体膜12aに接続すると共に、リード線14bを介して他方の導体層12の各線状導体膜13aに接続する。また、検出回路を構成する電流計15を両者間に介装する。

【0022】本実施形態によれば、定電圧回路14により所定の駆動電圧を印加すると、一方の導体層12を構成する各線状導体膜12aから感知層11を介して他方

の導体層13を構成する各線状導体膜13aに電流が流れる。この際、本実施形態によれば、上記のように、感知層11を構成する磁気抵抗効果膜がトンネル効果を有するため、図5に示したように、所定値以上の電圧が印加されないと電流が流れない性質を有する。従って、図2の一部断面図に示したように、一方の導体層12を構成する線状導体膜12aと他方の導体層13を構成する線状導体膜13aとの間では、感知層11の電気抵抗の最も低い、平面視で両者の交点間、すなわち最短距離間（図中、破線矢印で示す）に電流が流れ易く、交点付近から離れるに従って電流が流れにくくなる。このため、この交点間付近に限定した電流値を検出することができる。

【0023】例えば、図1に示したように、一方の線状導体膜12aと他方の線状導体膜13aとの交点が、X1～X16まで設けられているとする。この場合における磁場を測定するに当たっては、本実施形態によれば、例えば、一方の導体層12のうち図中もともと下側の線状導体膜12aと、他方の導体層13のうち図中もともと左側の線状導体膜13aに電圧を印加するようにスイッチングすることにより、交点X1における電流値を測定できる。同様に、例えば、一方の導体層12のうち図中、下から2番目の線状導体膜12aと、他方の導体層13のうち図中もともと左側に配置された線状導体膜13aに電圧を印加するようにスイッチングすることにより、交点X5における電流値を測定できる。さらには、例えば、一方の導体層12のうち図中もともと上側の線状導体膜12aと、他方の導体層13のうち図中もともと右側の線状導体膜13aに電圧を印加するようにスイッチングすることにより、交点X16における電流値を測定できる。

【0024】すなわち、本実施形態によれば、駆動電圧を印加する線状導体膜12a、13aの組み合わせをスイッチング操作により変更するだけで複数の測定点における磁場を測定することができる。なお、スイッチング操作は、図示しないが、例えば、上記の定電圧回路14に接続される任意の制御手段により行うことができる。特に、制御手段としてコンピュータ制御によるものを用いた場合には、スイッチングの順序等をソフトウェア上の設定により処理でき、極めて短時間で複数の測定点を測定でき、よりリアルタイムな測定が可能となる。

【0025】また、図1に示したように、例えば、交点X1～X16までの16点で測定する場合、必要となるリード線数は、一方の導体層12を構成する各線状導体膜12aに接続される4本のリード線14aと、他方の導体層13を構成する各線状導体膜13aに接続される4本のリード線14bとの計8本で済む。仮に、16点の測定点にそれぞれ個別のセンサを配置したとしたならば、測定点ごとに2本ずつ、計32本のリード線が必要となり、合計配線数は4倍になる。当然、この差は、測

定点数が多くなるほど大きくなる。従って、本実施形態によれば、所定の範囲の複数の測定点における磁場を一度に測定するセンサとして、配線数が極めて少なく済むことから実用に適している。

【0026】なお、図1に示した例では、一方の導体層12を構成する各線状導体膜12aと他方の導体層13を構成する各線状導体膜13aとを平面視で交差させるに当たって、ほぼ略直角に交差させているが、これに限らず、両者の交差角がそれ以下の角度、例えば、60度、45度程度で交差するように配置することもできる。

【0027】図6～図7は、本発明の第2の実施形態を示す面状磁気センサ20の平面図及び一部断面図である。本実施形態では、駆動回路に接続される一対の導電層と検出回路に接続される一対の導電層とを区別した点が上記第1の実施形態と異なる。

【0028】すなわち、本実施形態にかかる面状磁気センサ20は、ガラス基板20aに対し、3層の感知層21～23と、第1の感知層21とガラス基板20aとの間に積層された第1の導体層24と、第1の感知層21と第2の感知層22との間に積層された第2の導体層25と、第2の感知層22と第3の感知層23との間に積層された第3の導体層26と、第3の感知層23の外面に積層された第4の導体層27との合計で7層の膜の積層体から構成されている。

【0029】但し、各感知層21～23が、上記第1の実施形態と同様の巨大磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜から構成され、また、それらが所定の面積を有する面状に形成されている点、さらには、各導体層24～27を銅等の導電材料から線状に形成された線状導体膜から構成される点は上記第1の実施形態と同じである。

【0030】本実施形態では、第1の感知層21とガラス基板20aとの間に積層される第1の導体層24を構成する各線状導体膜24aと、第3の感知層23の外面に積層される第4の導体層27を構成する各線状導体膜27aは、各線状導体膜24a同士、あるいは各線状導体膜27a同士が、いずれも隣接するもの同士相互に独立した連結されていない線状に形成されている。そして、第1の導体層24を構成する各線状導体膜24aの配置方向と、第4の導体層27を構成する各線状導体膜27aの配置方向とは平面視で略直交して交差する位置関係で形成されている。なお、この交差角が必ずしも略直角に限定されるものではないことは上記第1の実施形態の場合と同様である。

【0031】第2の導体層25は、隣接する各線状導体膜25a同士が相互に連結されている。具体的には、図6の破線で示したように、感知層21～23を平面方向から見た場合に、各線状導体膜25aは斜めにその端から端まで配置されており、順に、一端側、他端側というようにジグザグ状に連結された配置構造、すなわち、全

体で1本の一体的な線状導体膜を構成する配置構造に形成されている。

【0032】第3の導体層26も、図6の点線で示したように、第2の導体層25と同様に、各線状導体膜26aが隣接するもの同士連結され、全体で1本の一体的な線状導体膜を構成する配置構造に形成されている。第2の導体層25と第3の導体層26を構成する各線状導体膜25a、26aは、このように全体で1本の線状導体膜を構成するように形成されているが、それらを構成する各線状導体膜25aと各線状導体膜26aとは平面視で任意の交差角で、例えば略直角に交差する向きで形成される。

【0033】第1の実施形態において説明したように、トンネル効果を有する磁気抵抗効果膜の電流が流れる範囲は、第2の導体層25の各線状導体膜25aと第3の導体層26の各線状導体膜26aとの交点間（最短距離間）となることから、このような配置構造とすることにより、所定の測定点（交点）位置における磁気抵抗を検知することが可能となる。

【0034】また、検出回路に接続される第2の導体層25の各線状導体膜25aと第3の導体層26を構成する各線状導体膜26aとの交点の位置と、駆動回路に接続される上記の第1の導体層24の各線状導体膜24aと第4の導体層27の各線状導体膜27aとの交点の位置とが、平面視で略一致するように形成される。これにより、4つの導体層を構成する各線状導体膜が平面視で同じ位置で交差することになり、磁気抵抗効果膜の有するトンネル効果により、当該交点位置における磁気抵抗を測定することが可能となる。

【0035】従って、例えば、図6に示したように、第1の導体層24の線状導体膜24aと第4の導体層27の線状導体膜27aとを略直交するように交差させた場合には、第2の導体層25の線状導体膜25aと第3の導体層26の線状導体膜26aとは、それら自体は互いに略直交する一方、第1の導体層24の線状導体膜24aと第4の導体層27の線状導体膜27aに対しては、それぞれ、平面視で略45度の交差角をなすように形成することにより、各導体層の交点位置のみを一致させることができる。

【0036】本実施形態では、図6及び図7に示したように、例えば、駆動回路として、駆動電力を定電流で供給する定電流回路28をリード線28aを介して第1の導体層24の各線状導体膜24aに接続すると共に、リード線28bを介して第4の導体層27の各線状導体膜27aに接続する。検出回路を構成する電圧計29は、第2の導体層25の線状導体膜25aと第3の導体層26の線状導体膜26aとの間に、リード線29a、29bを介して接続されるが、この線状導体膜25aと26aとは全体で1本の膜となっている。従って、電圧計29を接続するための配線は、第2の導体層25と第3の

導体層26に対してそれぞれ1本ずつ、計2本で済む。定電流回路28を接続するためのリード線28a、28bは、図6のように、16カ所の交点（測定点）を有する場合には、それぞれ4本ずつの計8本必要であるが、全体の配線数は10本で済む。

【0037】また、本実施形態によれば、第1の導体層24と第4の導体層27との間に駆動電流を流すと、各測定点における両者間の電圧値が、第2の導体層25と第3の導体層26に接続した電圧計29により測定される。このため、電圧の測定範囲が限定されることから、他の回路による影響が小さく、高い測定精度が得られる。なお、いずれの測定点に対して電流を流すかは、図示しない制御手段によるスイッチング操作により制御できる。この点は上記した第1の実施形態と同様である。

【0038】図8～図9は、本発明の第3の実施形態にかかる面状磁気センサ30の構成を説明するための平面図及び一部断面図である。本実施形態にかかる面状磁気センサ30は、第2の実施形態と同様に、ガラス基板30a上に積層される3つの感知層31～33と、第1の感知層31とガラス基板30aとの間に積層される第1の導体層34と、第1の感知層31と第2の感知層32との間に積層させる第2の導体層35と、第2の感知層32と第3の感知層33との間に積層される第3の導体層36と、第3の感知層33の外面に積層される第4の導体層37との計7層の膜の積層体からなる。

【0039】そして、各感知層31～33が、巨大磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜から構成され、また、それらが所定の面積を有する面状に形成されている点、さらに、各導体層34～37を銅等の導電材料からなる複数の線状導体膜より構成する点は上記第2の実施形態と同じである。また、第1の導体層34を構成する各線状導体膜34a及び第4の導体層37を構成する各線状導体膜37aの配置構造も第2の実施形態と同様である。

【0040】但し、第2の導体層35を構成する線状導体膜35aと第3の導体層36を構成する線状導体膜36aとの各配置構造が上記第2の実施形態とは異なる。すなわち、上記第2の実施形態では、第2の導体層25の線状導体膜25a及び第3の導体層26の線状導体膜26aは、いずれも全体で1本の線状導体膜を構成する配置構造であるが、本実施形態では、隣接する線状導体膜35a同士、又は隣接する線状導体膜36a同士が、それぞれ独立した連結されてない配置構造に形成されている。

【0041】具体的には、第1の導体層34の各線状導体膜34aの配置方向に対し、第1の感知層31を挟んで、第2の導体層35の各線状導体膜35aの配置方向は、図の破線で示したように約45度傾いた方向となるように形成されており、第3の導体層36の各線状導体膜36aは、図の点線で示したように、第2の導体層35の各線状導体膜35aの配置方向に対して約90度向



きを変えた配置方向で形成され、さらに、第4の導体層37の各線状導体膜37aは、第1の導体層34の各線状導体膜34aに対して約90度向きを変えた配置方向で形成されている。また、駆動回路に接続される第1の導体層34の各線状導体膜34a及び第4の導体層37の各線状導体膜37aの交点と、検出回路に接続される第2の導体層35の各線状導体膜35a及び第3の導体層36の各線状導体膜36aの交点とは、平面視で互いに略一致するように形成されている。

【0042】従って、第1の導体層34の各線状導体膜34a及び第4の導体層37の各線状導体膜37aの交点間に、例えば、駆動回路を構成する定電流回路38により電流を流すと、第2の導体層35の各線状導体膜35a及び第3の導体層36の各線状導体膜36aの交点間の電圧を、電圧計39により測定することができる。本実施形態の場合にも電圧測定範囲が限定されている構造であるため、第2の実施形態と同様に高い測定精度が得られる。

【0043】但し、本実施形態の場合には、定電流回路38をリード線38a、38bにより、第1の導体層34の各線状導体膜34a及び第4の導体層37の各線状導体膜37aのそれぞれに接続する必要があると共に、電圧計39も、リード線39a、39bを用いて、第2の導体層35を構成する各線状導体膜35a及び第3の導体層36の各線状導体膜36aのそれぞれに接続する必要がある。従って、図8に示したように測定点が16カ所ある場合には、駆動回路用のリード線38a、38bとして計8本、検出回路用のリード線39a、39bとして計8本の合わせて16本必要となる（なお、図8では、一部のリード線のみ図示する）。本実施形態の場合には、リード線の配線数の点では第2の実施形態よりも多くなるが、それでも、16カ所の測定点のそれぞれに独立したセンサを配設した場合に必要な配線数と比較すれば半分で済む。なお、いずれの測定点に対して電流を流すかについては、図示しない制御手段によるスイッチング操作によって制御できる点は上記した第1及び第2の実施形態と同様である。

【0044】本発明の面状磁気センサは上記した各実施形態に限定されるものでないことはもちろんである。例えば、第1の実施形態では定電圧動作、第2及び第3の実施形態では定電流動作させているが、これらを逆にすることもできる。また、いずれも測定点を16カ所に設定しているが、これはあくまでも一例であり、感知層が面状であって複数点を測定可能であれば、これ以上又はこれ以下の測定点であってもよく、さらには、感知層の面積、各導体層を構成する各線状導体膜同士の間隔も限定されるものではない。また、いずれの実施形態においても、感知層や導体層の積層数は図示したものに限定されない。

【0045】さらに、上記した各面状磁気センサ10～

30に対し、磁気異方性を有する他の面状磁気センサを絶縁部材を介して1以上積層することにより、二次元方向、三次元方向の磁場を検知可能な多次元磁場解析用面状磁気センサ（図示せず）とすることもできる。

【0046】この磁気異方性を有する面状磁気センサとしては、任意の大きさの面状に形成された磁気異方性を有する磁気抵抗効果膜からなる感知層と、該感知層の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔において複数線状に形成された線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置されている構造のものをを用いることができる。すなわち、磁気抵抗効果膜として、上記各実施形態のように電流と磁場の方向に依存しない磁気抵抗変化を示すものをを用いるのではなく、例えば、垂直磁化膜、面内異方性膜などを用いて感知層を形成した構造である。なお、線状導体膜からなる導体層の構成は、上記各実施形態と同様に種々のパターンの配置構造とすることができる。

【0047】かかる構成の多次元磁場解析用面状磁気センサを用いた場合には、測定対象磁場内において、該センサを移動することなく、複数の測定点での二次元、三次元方向の磁場を測定でき、磁場の強弱だけでなく、磁力線の向きも含めた広範囲の磁場解析を極めて短時間で行うことが可能となる。

【0048】（実施例）図10に示したように、同極同士を間隔をおいて対向配置した2つの永久磁石40、41間の垂直面方向に沿った磁場を測定した。使用した面状磁気センサは、図1に示したものと同様の構造で、感知層11としては、膜厚8000ÅのFe-SiO<sub>2</sub>膜を使用し、これに積層される導体層12、13としては、それぞれ膜厚2000Åの銅（Cu）を使用した。

【0049】得られた結果を、図10に示したように、磁場強度を色の濃淡で加工表示するコンピュータにより処理した。この図において、もっとも色の濃い部分は、磁場強度が最大の部分で、磁場強度が小さくなるに従って薄くなるように表示されている。従って、この面状磁気センサ10により、確実に磁場強度を測定することができることがわかる。

【0050】なお、面状磁気センサ10は、永久磁石40、41間の垂直面方向に沿って一度配置しただけで、全く動かす必要がなく、制御手段であるコンピュータにより、駆動電圧をかける線状導体膜12a、13aの組み合わせを切り替えるだけで測定点を変更できるため、従来のホール素子等からなる一つのセンサを用いたもので同範囲を移動しながら測定する場合と比較して、極めて短時間で測定することができた。

【0051】

【発明の効果】本発明の面状磁気センサ及び多次元磁場

解析用面状磁気センサは、トンネル効果により所定値以上の電圧の場合に電流が流れると共に、磁場の強弱によって磁性微粒子の磁化方向が変化することにより抵抗値が変化して巨大磁気抵抗効果を示す。任意の大きさの面状に形成された磁気抵抗効果膜からなる感知層と、前記磁気抵抗効果膜の各面に積層されると共に、各面方向に沿って所定間隔を置いて線状に形成された複数の線状導体膜からなる導体層とを含み、前記一方の導体層を構成する各線状導体膜と、他方の導体層を構成する各線状導体膜とが、前記磁気抵抗効果膜を挟んで平面視で互いに交差する位置関係となるように配置された構造を有している。

【0052】従って、多数の測定点における磁場の特性を極めて短時間で測定することができ、測定対象物周囲の磁場変化をリアルタイムでとらえることができる。また、線状導体膜から構成される導体層を用いているため、リード線の配設数が少なくて済み、実用に適する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の面状磁気センサの第1の実施形態を示す平面図である。

【図2】図2は、上記実施形態の一部断面図である。

【図3】図3は、上記実施形態で用いた感知層を構成するグラニュー膜の特性を説明するための図である。

【図4】図4は、上記実施形態で用いた感知層を構成するグラニュー膜の磁場強度と抵抗値との関係を示す図

である。

【図5】図5は、 $\text{Fe-SiO}_2$  からなるグラニュー膜の電圧-電流特性を示す図である。

【図6】図6は、本発明の面状磁気センサの第2の実施形態を示す平面図である。

【図7】図7は、上記実施形態の一部断面図である。

【図8】図8は、本発明の面状磁気センサの第3の実施形態を示す平面図である。

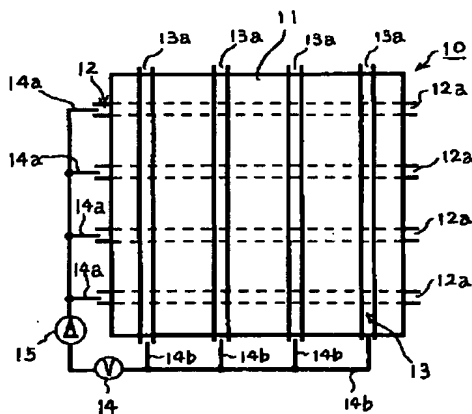
【図9】図9は、上記実施形態の一部断面図である。

【図10】図10は、実施例における面状磁気センサを用いた磁場強度の測定結果を示す図である。

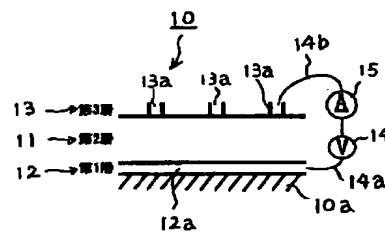
#### 【符号の説明】

- 10 面状磁気センサ
- 11 感知層
- 12, 13 導体層
- 12a, 13a 線状導体膜
- 20 面状磁気センサ
- 21, 22, 23 感知層
- 24, 25, 26, 27 導体層
- 24a, 25a, 26a, 27a 線状導体膜
- 30 面状磁気センサ
- 31, 32, 33 感知層
- 34, 35, 36, 37 導体層
- 34a, 35a, 36a, 37a 線状導体膜

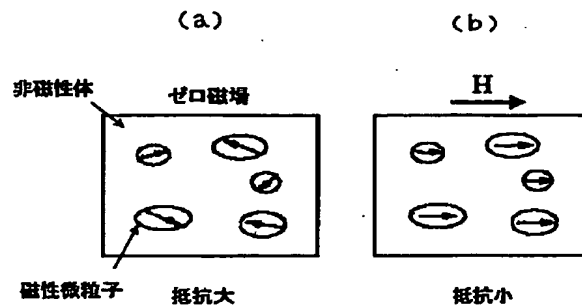
【図1】



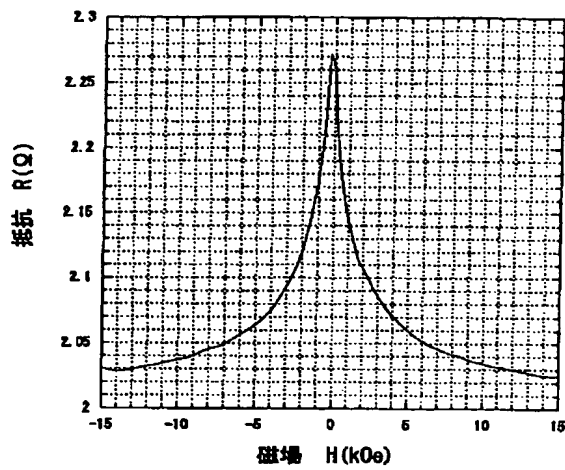
【図2】



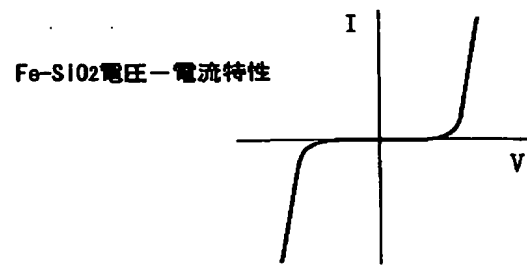
【図3】



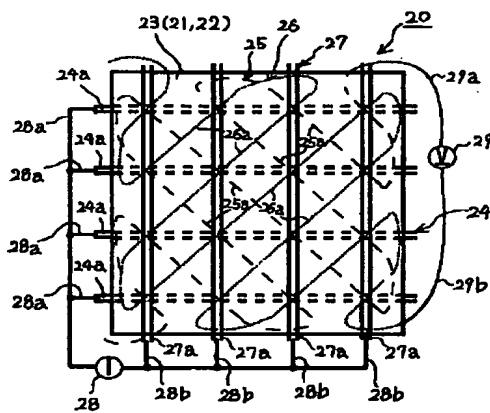
【図4】



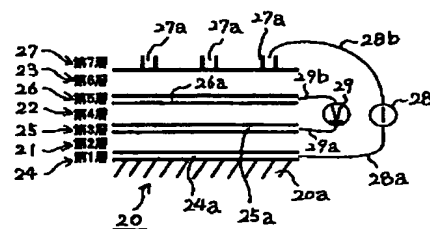
【図5】



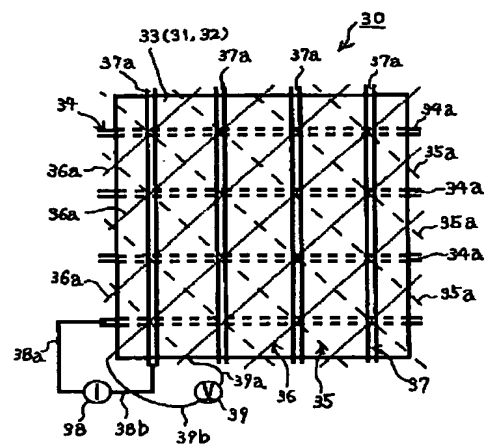
【図6】



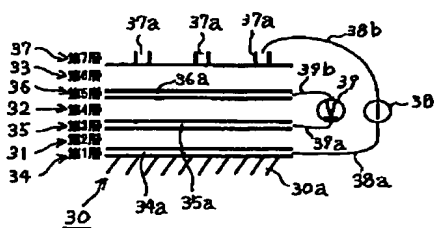
【図7】



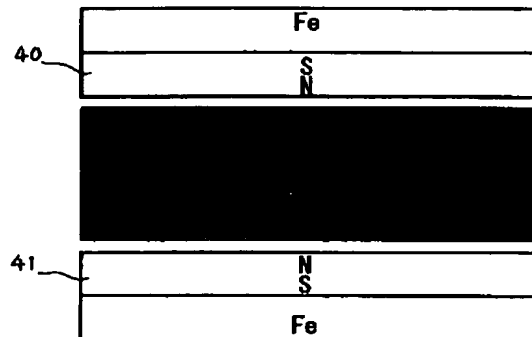
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 榎 芳美  
広島県広島市安芸区矢野新町一丁目2番10  
号 株式会社デルタツーリング内

(72)発明者 我田 茂樹  
広島県広島市安芸区矢野新町一丁目2番10  
号 株式会社デルタツーリング内  
Fターム(参考) 2G017 AA08 AD53 AD54 AD65  
5E049 AA01 AA09 AC00 AC05 BA16